

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma/ rakennustuotanto

Jukka Töyrylä

PUUN PALONSUOJAUS JA PALOSUOJATUN PUUN MARKKINOINTIPOTEN-
TIAALI

Opinnäytetyö 2012

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

TÖYRYLÄ, JUKKA

PUUN PALONSUOJAUS JA MARKKINOINTIPOTENTIAALI

Opinnäytetyö

34 sivua

Työn ohjaaja

lehtori Jani Pitkänen

Toimeksiantaja

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

Syyskuu 2012

Avainsanat

palonsuojattu puu, potentiaali, kustannukset.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tarkastella palosuojattua puuta. Tarkoituksena oli tarkastella ohjeiden ja määräysten vaikutusta palosuojatun puun käyttöön. Missä kohteissa palosuojattu puu olisi kilpailukykyinen ja missä kohteissa olisi tarpeeksi potentiaalia suurempaa tuotantoa varten? Koska palosuojatun puun käyttö Suomessa ja Euroopassa on uutta, haluttiin saada myös kansainvälinen kysely palosuojatun puun käytöstä. Tutkimuksen aikana ilmestyi uusia määräyksiä, joiden muutoksia tarkasteltiin ja vaikutuksia arvioitiin.

Tutkimus suoritettiin kolmella tavalla, joista ensimmäisessä tutkittiin kolmea tapaus-ta, joissa laskettiin kustannuksia, vertailtiin materiaaleja ja mitoitettiin lujuuksia. Tuloksina todettiin palosuojatun puun olevan varsin kilpailukykyinen ulkovuorausmateriaali, mutta sisätiloissa valintakriteerien on oltava muu kuin hinta verrattaessa kipsilevyihin. Kyselyn tuloksina sopivimmiksi käyttökohteiksi ehdotettiin sisä- ja ulkovuorausta. Suurimmaksi ongelmaksi nousi käsittelyn pitkäaikaiskestävyys. Kolmannessa osiossa vertailussa vanhoihin määräyksiin muutokset olivat palosuojatun puun potentiaalisen käytön kannalta suhteellisen pieniä lukuun ottamatta ulkovuorauksen luokan muuttamista vähemmän vaativaksi, mikä todennäköisesti helpottaa palosuojatun puun käyttöä ulkovuorauksessa.

Johtopäätöksinä voidaan sanoa palosuojatun puun sopivan nykyisten määräysten mukaisiin tiettyihin käyttökohteisiin joissa kilpailukyky on hyvä. Niin Suomessa kuin Euroopassakaan palosuojattu puu ei ole vielä standardituote tiettyyn asiaan, vaan vaatii vielä ponnisteluja, jotta suojattu puu alkaisi olla yleinen vaihtoehto muille rakennusmateriaaleille.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

construction engineering

TÖYRYLÄ, JUKKA

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

September 2012

Keywords

Market potential fire protected wood products

34 pages

Jani Pitkänen, lecturer

Kymenlaakso University of Applied Sciences

fire protected wood, potential, building regulation

The main objective of this study was to compare fire protected wood to other building materials and find out market potentials of different kind fire protected wood products. Comparison between materials was made by using three cases. The first case was outdoor claddings of multi-storey house in new and renovated buildings. The second case was indoor cladding, and third was calculation on load bearing structures. In all of these cases, the effect new building regulations was in consideration.

Other objectives were chances and their influence on the use of fire retardant treated wood, in Finish building regulation part E1 concerning fire safety. The comparison was between regulation of 2002 and 2010. One part was inquiry to European wood experts. The topic was how they see the future on fire protected wood, problems involved and its use.

The Result of the study indicate that outdoor claddings made of fire retardant treated wood, instead of solid concrete surface or three layer plaster is very competitive material. In Indoor claddings treated wood is not cost efficient compared to gypsum board and choice of wood is more interior opinion. There is no sense to use fire protected wood in visible load bearing structures, since building regulations do make difference with normal wood and fire protected wood in this particular case.

Conclusion of the chances is that new building regulations give fire retardant treated wood great potential of use. Main reason for this it is potential use of exterior claddings in buildings of eight or fewer storeys. This applies to both new buildings and renovation.

The result of the inquiry is that most of experts expect increasing use of fire retardant treated wood. Two problems they were concerned was long-term durability and maintenance, and environment aspect in manufacturing and waste control.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Palomääräysten historiaa	6
1.2	Nykyiset paloturvamääräykset ja palavien materiaalien luokitus	7
2	PUUN PALOSUOJAUS	12
3	TAPAUS 1; PALOSUOJATUN PUUN KÄYTTÖ RAKENNUSTEN JULKISIVUISSA	14
4	TAPAUS 2; PALOSUOJATUN PUUN KÄYTTÖ PINTA- JA SISUSTUSMATERIAALINA	15
4.1	Nykyinen paloturvallisuustilanne	15
4.2	Palosuojatun puun kustannuslaskenta	19
4.3	Julkisivumateriaalien kustannusvertailua julkisivujen kunnostuskohteissa	19
4.4	Elinkaarilaskelma	20
4.5	Sisäseinälaskelma	21
5	TAPAUS 3; KANTAVIEN RAKENTEIDEN PALOMITOITUS	21
6	KYSELY EUROOPPALAISILLE PALOASIAANTUNTIJAVERKOSTOLLE	29
7	MUUTTUNEIDEN PALOTURVAMÄÄRÄYSTEN VAIKUTUS	30
7.1	Muuttuneet ohjeet ja määräykset	30
7.2	Muutosten vaikutus palosuojatun puun käyttöön	31
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	32
	LÄHTEET	34

1 JOHDANTO

Työn lähtökohtana oli puutuotteiden ja -rakenteiden kemiallinen suojaus ja suojauksen markkinapotentiaali –projekti. Tätä selvitystä varten oli perustettu johtoryhmä johon, kuului asiantuntijoita sekä teollisuudesta ja tutkimuksesta. Tutkimusosion tekijänä toimii Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Tämän tutkimuksen yhtenä osana oli selvittää opinnäytetyössäni palosuojatun puun käyttöä ja kaupallisia mahdollisuuksia. Tutkimus tehtiin perehtymällä uusimpiin tutkimustuloksiin ja valmistajien antamiin tietoihin sekä valikoitujen tapausten avulla laskettiin ja vertailtiin palosuojatun puun käyttöä ja kustannuksia muihin rakennusmateriaaleihin. Osana työtä oli Pekka Nurron kontaktien kautta tehty kysely eurooppalaisilta puualan asiantuntijoilta. Kysymyksillä haluttiin selvittää asiantuntijoiden mielipiteitä palosuojatun puun potentiaalista sekä käytön ongelmista.

1.1 Palomääräysten historiaa

Vanhimmat rakennustapaa koskevat määräykset Suomessa otettiin käyttöön Ruotsin vallan aikana 1300-luvun puolivälissä. Kaupunkilakien määräyksiä täydennettiin valtion ohjeilla, mutta pääosin kaupunkien omien hallintoelinten ohjeilla ja määräyksillä. Näin alkoi muodostua vähitellen rakennusjärjestyksiä, palojärjestyksiä ja asemakaavoja. (Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa.2003,s 11.)

Saavuttaessa 1800-luvulle Suomen siirryttyä Venäjän valtaan alkoi empiretyylin asemakaavoitus. Tämä tyyliuunta korosti erityisesti myös paloturvallisuutta. Tällä tyyllillä ensimmäinen asemakaavan laati Carl Ludvig Engel Turkuun vuonna 1828. Vuonna 1856 säädettiin kaupunkien yleinen järjestyssääntö jolla jaettiin kaupungit neljään eri luokkaan ja joiden kahdessa ensimmäisessä luokassa haluttiin lisätä kivitalojen rakentamista. (Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa.2003, s 11.)

Suomen itsenäisyyden ajan ensimmäiset paloturvallisuuslait julkaistiin 1920. Paloluokituspäättös vuodelta 1936 antoi palotekniset nimitykset ja niiden sisällöt. Tähän päätökseen sisältyi rakennusten ja rakenteiden jako palonkestoluokkiin. Palonkestävyyspäättös 1962 toi uutena käsitteet palokuorma ja palonkestoaika, jotka antoivat suunnittelulle uusia mahdollisuuksia. (Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa.2003, s 12, 13, 14.)

Vuonna 1976 tuli Suomen rakentamismääräyskokoelma jossa koottiin rakentamista koskevia määräyksiä ja ohjeita yhtenäiseksi kokoelmaksi. Rakenteellista paloturvallisuutta käsittelevä osa on E1. Uudet ohjeet olivat lähinnä tarkennettuja versioita entisistä määräyksistä yhdellä merkittävällä poikkeuksella. Siinä rajoitettiin puun käyttöä rakennusten julkisivussa. E1 kokoelmaa on uusittu ja tarkennettu julkaisemalla lisäohjeita osissa E2-E9. Viimeisin voimassa oleva versio on vuodelta 2002. (Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa.2003, s 16.)

Korjausrakentamisessa ei ollut erityisiä säännöksiä ennen kuin korjausrakentaminen alkoi vilkastua 1970-luvulla. Vuonna 1981 annettiin ensimmäinen yleiskirje joka sisälsi ohjeita palomääräysten soveltamiseen hoito- ja huoltolaitosten korjausrakentamisessa. Varsinainen kaikkeen korjausrakentamiseen tähtäävä yleiskirje julkaistiin 1982. *Opas Rakenteellinen paloturvallisuus korjausrakentamisessa* julkaistiin 1992. Seuraavat ohjeet saatiin vuonna 1998 julkaistussa ja vuonna 2003 päivitettyssä oppaassa *Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa*.

1.2 Nykyiset paloturvamääräykset ja palavien materiaalien luokitus

Paloturvamääräykset on kerrottu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E1 ja sen lisäosissa E2 – E9. Kantavien rakenteiden mitoitus on esitetty kokoelman osassa B. Paloturvallisuusvaatimus voidaan osoittaa täytetyksi kahdella eri tavalla. Lisäksi on mahdollista käyttää näiden yhdistelmää. Tapa yksi on noudattaa määräyksissä ja ohjeissa annettuja paloluokituksia ja niissä esitettyjä lukuarvoja, jolloin paloturvallisuusvaatimuksia ei tarvitse erikseen osoittaa. Toinen tapa on käyttää oletettuun palokehitykseen perustuvia menetelmiä periaatteessa kaikkeen palomitoitukseen. Tässä tava-

sa paloturvallisuuden takaavat ratkaisut räätälöidään hankkeen mukaan ja niiden toimivuus ja luotettavuus Rakennukset on jaettu kolmeen eri luokkaan: P1, P2 ja P3. (Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2002. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö. s 9)

P1-luokan rakennukset, joissa vaatimustaso on kaikkein korkein, ovat yleensä kolme tai useampikerroksisia. Vaatimukset pitää täyttää myös yksi- ja kaksikerroksisina, jos käyttötavan tai henkilömäärän rajoitusten vuoksi ei ole mahdollista sijoittaa P2 luokkaan. Ulkoseinän luokkavaatimuksena on syttyvyysluokka b-s1-d0.

P2-luokan rakennuksen ovat 1-2-kerroksisia, asuin- ja työpaikkarakennukset voivat olla myös 3-4-kerroksisia. Ulkoseinälle luokkavaatimuksena tässä luokassa on d-s2-d0, mutta jos kyseessä on hoitolaitos tai 3-4 kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus vaatimuksena ulkoseinän pintavaatimukseksi vaihtuu b-s1-d0.

P3-luokan rakennus on rajoitettu kooltaan, käytövaltaan ja henkilömääriltään eikä rakenteille ole asetettu palonkestovaatimuksia. Lähes kaikki omakotitalot kuuluvat tähän rakennusluokkaan.

Enintään kahdeksankerroksisessa P1-luokan rakennuksessa ulkoseinän ulkopinnan osa saa olla luokkaa D-s2, d2, mikäli tällaisia osia ympäröivät rakenteet suojaavat seinäpintaa palon leviämiseltä. Julkisivulevyjen kiinnitykseen saa enintään kahdeksankerroksisessa rakennuksessa käyttää vähäisessä määrin D-s2, d2-luokan rakennustarvikkeita. Enintään 4-kerroksisessa P1-luokan asuin- tai työpaikkarakennuksessa, 3–4-kerroksisessa P2-luokan asuin- tai työpaikkarakennuksessa sekä P2-luokan hoitolaitosrakennuksessa voidaan ulkoseinän ja tuuletusraon ulkopinnoissa käyttää D-s2, d2-luokan rakennustarviketta, mikäli rakennus on varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla. Lisäksi seinän pitää olla suunniteltu siten, että ulkoisen syttymisen aiheuttaman palon leviäminen seinässä on estetty riittävän tehokkaasti. Tämä osoitetaan kussakin tapauksessa erikseen.

Rakennusosat jaetaan luokkiin sen perusteella miten ne kestävät paloa. Rakennusosien vaatimukset kerrotaan merkinnöillä

R	kantavuus
E	tiiviyys
I	eristävyys
M	iskunkestävyys palotilanteessa

Merkintöjen jälkeen ilmoitetaan palonkestävyysaika minuutteina (esimerkiksi REI 30).

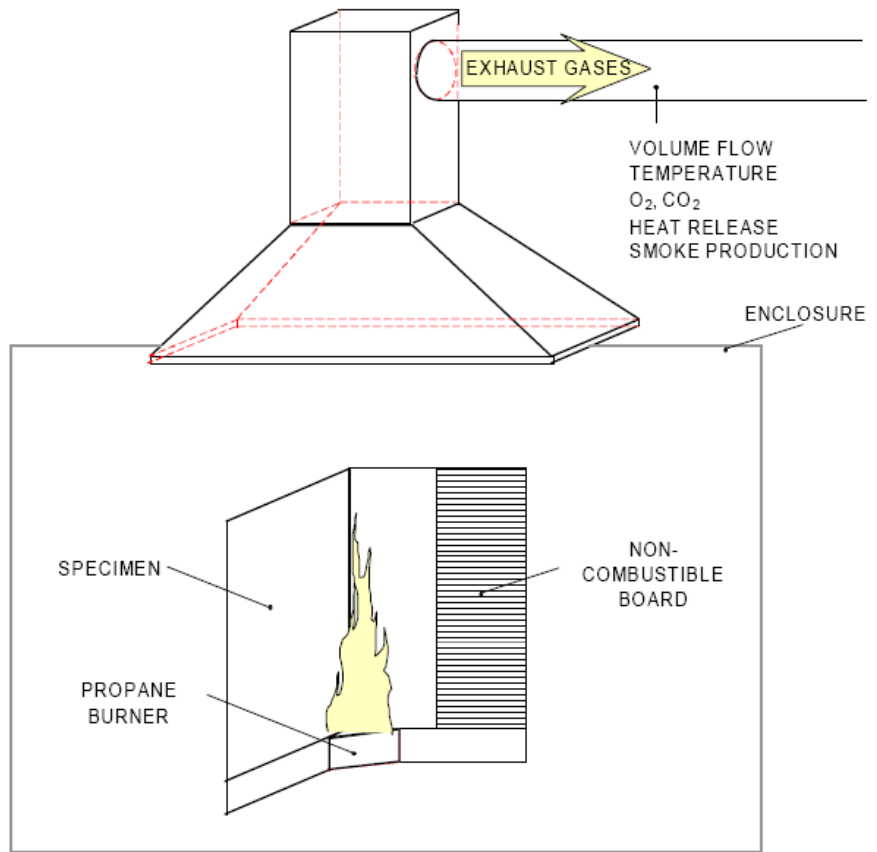
Rakennustarvikkeet jaetaan luokkiin sen perusteella miten ne vaikuttavat palon syttymiseen, sen leviämiseen sekä savun tuottoon. Rakennustarvikkeiden luokat ovat: A, A2, B, C, D, E, F. Savun tuottoluokitus s1, s2, s3 ja pisaroinnin d0, d1, d2. Lattiapäällysteillä on omat luokkansa, jotka ovat samat kuin rakennustarvikkeiden lisättynä alaindeksillä FL.

Puuta käytetään Suomessa kantavissa rakenteissa yleensä 1-2-kerroksisissa rakennuksissa. Kun kyseessä on P1 luokan rakennus, eristeiden pitää olla luokkaa A2. Puuta voidaan käyttää myös P2- luokan 3-4 kerroksisissa asuin- ja työpaikkarakennuksissa. Eristeiden tulee olla niissä tapauksissa luokkaa A2. Yleisesti puuta käytetään ullakon ja ontelon vesikattorakenteissa, jotka eivät ole rakennuksen olennaisia kantavia tai runkoa jäykistäviä osia.

Palosuojaamattoman puun hiiltymisnopeutena on RakMK B10 mukaan 0,8 mm/min, kun kyseessä on rakennepuu, ja 0,7 mm/min kun kyseessä on kerrosliimattu puu. Eurocode 5 antaa lisäksi arvoja, jotka poikkeavat RakMK:n arvoista. Molemmilla arvoilla voidaan vielä laskea hiiltymisnopeuksia.

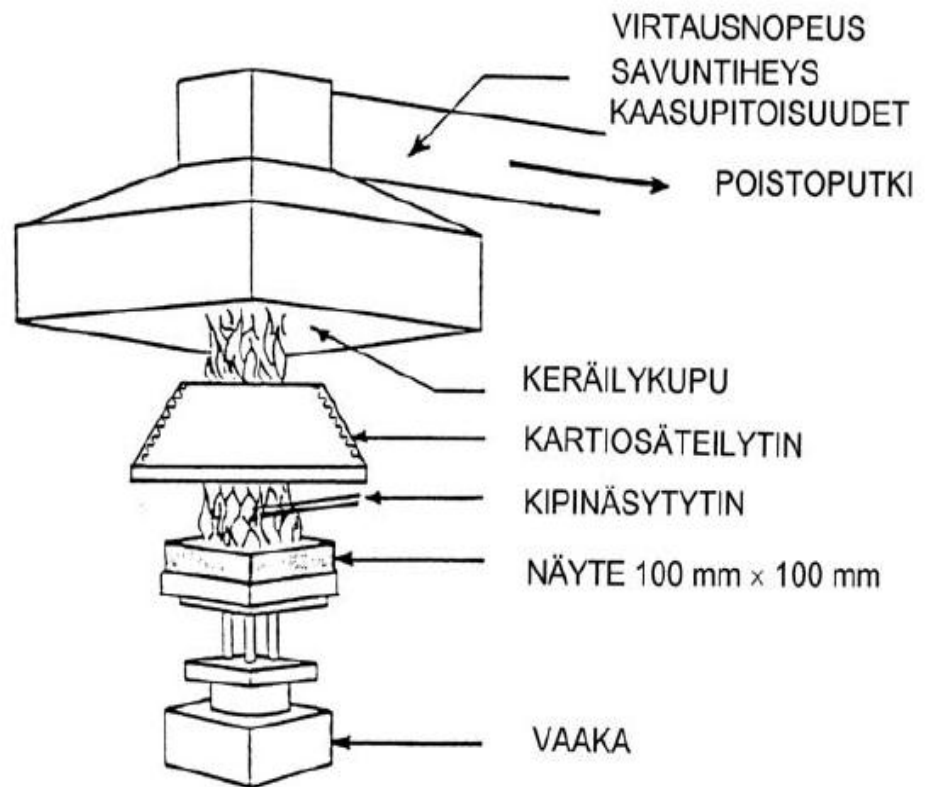
Eurocode 5 antaa arvon 0,7 mm/min, kun kyseessä on kertopuu, lehtipuusta valmistettu rakennepuutavara tai liimapuu, jonka tiheys $\geq 290 \text{ kg/m}^3$. Hiiltymisnopeus on 0,55 mm/min, kun kyseessä on lehtipuusta valmistettu rakennepuutavara ja liimapuu, jonka tiheys $\geq 450 \text{ kg/m}^3$. Näitä arvoja käytetään siinä tapauksessa kun, oletetaan hiiltymisen tapahtuvan useammalta kuin yhdeltä sivulta. Silloin kun laskennassa oletetaan palotilanteen ja palorasituksen olevan yhdellä sivulla, hiiltymissyvyysarvot muuttuvat hieman. Havupuusta ja lehtipuusta valmistetut rakennepuutavarat tai kerrosliimattu puu, jonka tiheys $\geq 290 \text{ kg/m}^3$, hiiltymissyvyys on 0,65 mm/min. Muilla puupohjaisilla levyillä sekä puupaneeleilla hiiltymissyvyys on 0,9 mm/min. Poikkeuksena tähän on vaneri jonka hiiltymissyvyys on 1,0 mm/min. (Puurakenteiden suunnittelu. Lyhennetty suunnitteluohje. 2008. Puuinfo Oy. s 45, 46)

Palavien materiaalien luokitusjärjestelmä euronormien mukaan määritellään erityisesti luokissa B, C ja D SBI-kokeella (EN 13823). Kokeessa mitattavat, luokkaan vaikuttavat ominaisuudet, joiden avulla paloluokka määritellään, ovat syttyvyys, lämmöntuotto ja palon leviäminen, savuntuotto ja myrkyllisyys, efektiivinen palamislämpö sekä hiiltymisnopeus. Lisäksi virallista luokitusta varten on suoritettava ns. pienen liekin koe (EN ISO 11925-2). (PALOSUOJATTUJEN PUUTUOTTEIDEN PALOKÄYT-TÄYTYMISEN ARVIOINTI.)



Kuva 1. SBI-testi. (Test and modelling results of VTT. s 3)

Koska virallinen SBI-koe on raskas suorittaa, on haluttu kehittää kevyempiä testausmenetelmiä tuotekehitykseen. Nämä kaksi testiä ovat kartiokalorimetrikoe (ISO 5660-1) sekä säteilypaneelitest (EN ISO 9239-1). Näillä testeillä voidaan melko tarkasti ennustaa virallisessa kokeessa saavutettavaa virallista paloluokkaa.



Kuva 2. Kartiokalorimetrin kaavakuva. (Hakkarainen, Tuula & Mikkola, Esko 2005. palosuojattujen puutuotteiden palokäyttäytymisen arviointi. s 17)

2 PUUN PALOSUOJAUS

Puun palosuojaus voidaan toteuttaa eri tavoilla. Puun pyrolyysiin vaikuttaminen on tunnetuin ja eniten käytetty puun palosuojauskeino yksinkertaisuutensa ja halpuutensa vuoksi. Olosuhteista riippuen puun pyrolyysi voi edetä pääasiassa kahdella eri tavalla: tervaa tai hiiltä muodostaen. ”Normaaliin” palamiseen liittyvässä reaktiotavassa pyrolyysi tuottaa paljon levoglukosaania sisältävää tervaa, joka lämmön vaikutuksesta hajoaa helposti palaviksi kaasuiksi. Puun pyrolyysiin vaikuttavassa palosuojauksessa puutuote käsitellään aineella, joka edistää selluloosan pyrolyysiin tapahtumista pääasiassa hiilen muodostumiseen johtavaa reaktiopolkua pitkin. Ideaalisesti reaktiot etenisivät siten, että selluloosa hajoaisi vain hiileksi ja vedeksi. (Hakkarainen, Tuula

& Mikkola, Esko 2005. palosuojattujen puutuotteiden palokäyttäytymisen arviointi. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. s 2)

Käytännössä tähän toimintaperiaatteeseen perustuvat aineet vähentävät palavien pyrolyysi-tuotteiden määrää ja siten vähentävät tuotteesta vapautuvaa lämpöä. (Hakkarainen, Tuula & Mikkola, Esko 2005. palosuojattujen puutuotteiden palokäyttäytymisen arviointi. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. s 2)

Puun pyrolyysiin vaikuttavat aineet ovat tyypillisesti fosfori- tai booriyhdisteitä. Aineet lisätään yleensä esimerkiksi ammoniumsuoloina, jotka lämmitettäessä hajoavat tuottaen fosfori- tai boorihappoa. Käsittelyaine voi myös hidastaa pyrolyysia ja stabiloida puun kemiallisia rakenteita termistä hajoamista vastaan. .(Hakkarainen, Tuula & Mikkola, Esko 2005. palosuojattujen puutuotteiden palokäyttäytymisen arviointi. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. s 4)

Käsittelyn voi suorittaa sivelemällä, ruiskuttamalla, upottamalla tai painekyllästämällä. Kohteissa jossa halutaan kestävämpää pintaa kulutusta ja kosteutta vastaan tai lakkapintaa, puu voidaan käsitellä kyllästysaineen valmistajan hyväksymillä pinnoitusaineilla. Vaikeimpana ongelmana varmistaa riittävä palosuoja-aineiden imeytyminen puuhun. Tämä johtuu puun eri osien, kuten sydän- ja pintapuun, eroista imeä palosuoja-aineita.

Toinen tapa on pinnoittaa puutuotteet palosuojamaalilla. Kuumentuessaan palosuojamaalit muodostavat paisuvan, eristävän vaahtokerroksen tuotteen pinnalle. Levitys toteutetaan siveltimellä, telalla tai suurpaineruiskulla. Palosuojamaalit on pinnoitettava pintamaaleilla halutessa kulutusta kestävä pinta.

Kolmas toteutustapa on koteloida puutavara paloakestävillä levyillä tai palosuojaviljoilla. Tähän vaihtoehtoon voisi myös käyttää palosuojattua puutavaraa. Kotelointi voidaan toteuttaa myös ruiskuttamalla paloa kestävä pinnoite kuten mineraalivillaruiskute.

3 TAPAUS 1; PALOSUOJATUNPUUN KÄYTTÖ RAKENNUSTEN JULKISIVUISSA

Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa E1 on annettu määräyksiä ja ohjeita kerrostalojen julkisivujen palomääräyksistä. Paloturvallisuusvaatimus voidaan osoittaa täytetyksi kahdella eri tavalla, lisäksi on mahdollista käyttää näiden yhdistelmää. Tapa yksi on noudattaa määräyksissä ja ohjeissa annettuja paloluokituksia ja niissä esitettyjä lukuarvoja, jolloin paloturvallisuusvaatimuksia ei tarvitse erikseen osoittaa. Toinen tapa on käyttää oletettuun palokehitykseen perustuvia menetelmiä periaatteessa kaikkien palomitoitukseen. Tässä tavassa paloturvallisuuden takaavat ratkaisut räätälöidään hankkeen mukaan ja niiden toimivuus ja luotettavuus osoitetaan kussakin tapauksessa erikseen. (Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011 ja 2002. s 6-7)

Palosuojaamattoman puun käyttö on kuitenkin sallittua myös P1-luokan rakennusten ulkoseinissä, mutta silloin se vaatii sen, että paloturvallisuus on suunniteltu ja mitoitettu oletetun palonkehityksen mukaisesti. Siltikään koko julkisivua ei voi rakentaa puusta vapaasti, koska siihen pitää suunnitella palonkatkoja ja joissain tapauksissa vaaditaan sprinklerijärjestelmiä. Lisäksi on suunniteltava palonkatkojen ja puunkosteusteknisen rakenteen yhteensovittaminen tuuletusrakojen yhteydessä. (Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011 ja 2002.)

Palosuojatun puun käytölle ei ole julkisivuissa mitään esteitä määräysten mukaan kun palosuojaus on saatu nostettua tasolle b-s1-d0. Tämä vaatimustaso riittää kaikkeen Suomessa vaadittuihin julkisivumateriaalivaatimuksiin. Luonnollisesti kun puuta pinnoitetaan palonsuojauksen jälkeen, pitää ottaa huomioon syntyneen pintamateriaalin vaikutus palonkestoon ja myös se, ettei pinnoiteaine ei estä palonsuoja-aineen toimintaa tai laskea palosuojausluokkaa. Lisää tietoa tarvittaisiin palosuoja-aineiden pysyvyydestä puuaineessa ja palosuoja-aineilla käsitellyn puutavaran huoltamisesta.

Suurimpia ongelmia on miten nostaa yleistä tietoisuutta siitä, että näin käsiteltyä puuta voidaan käyttää kerrostalojen julkisivuissa ja korvata julkisivuremonttia tehtäessä betoni ja rapattuja pintoja puupinnoilla. Rakentamisen ammattilaiset alkavat olla tästä tietoisia, mutta tarvittaisiin enemmän toteutettuja referenssikohteita, jotta saataisiin puujulkisivut yleisesti tunnetuiksi ja halutuiksi vaihtoehtoiksi, kun taloyhtiöissä mietitään tulevaa julkisivuremonttia ja sen toteuttamisvaihtoehtoja.

Puujulkisivuihin on kehitetty perinteisen puurakentamisen lisäksi elementtiratkaisuja joita käyttäen voidaan hyödyntää teollisen valmistuksen menetelmiä ja palonsuojaus olisi mahdollista tehdä elementtitehtaissa tai sitten tehdas tilaisi valmiiksi palonsuojakäsiteltyä puutavaraa. Elementit on mahdollista kiinnittää joko betonielementtien sisä- tai ulkokuoreen. Näiden puurakenteisten elementtien ei tarvitse seurata betonielementtien saumajakoa jolloin julkisivusta voidaan muokata hyvinkin erilainen entiseen julkisivuun verrattuna.

4 TAPAUS 2; PALOSUOJATUN PUUN KÄYTTÖ PINTA- JA SISUSTUSMATERIAALINA

4.1 Nykyinen paloturvallisuustilanne

Pohjoismaisen vertailun perusteella Suomen palonturvaongelmat ovat henkilöturvallisuudessa, koska Suomessa kuolee enemmän ihmisiä suhteessa muihin pohjoismaihin. Suurin osa näistä kuolemista (yli 90 %) tapahtuu asuinympäristön tulipaloissa. (Erehdykset ja unohdukset salliva asuinympäristö 2007. Helsinki: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö.)

Taulukossa 1 vertaillaan Suomen ja muiden pohjoismaiden palokuolemien määrää. Vertailussa muihin maihin huomataan Suomen palokuolemamäärien olevan selvästi pohjoismaiden korkein.

Taulukko 1 Palokuolemien määrä 100 000 asukasta kohti pohjoismaissa ja Britannias-
sa vuosina 1997–2004(Erehdykset ja unohdukset salliva asuin ympäristö 2007. Hel-
sinki: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö. s 12)

	1990	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Suomi	2,00	1,96	2,01	1,74	1,83	2,06	2,05	2,10
Tanska	1,32	1,34	1,51	1,57	1,38	1,42	1,70	
Ruotsi	1,71	1,99	1,24	1,19	1,54	1,54	1,51	0,74
Norja	1,51	1,16	1,33	1,22	1,44	1,41	1,27	1,23
Britannia	1,23	1,12	1,06	1,04	1,01	0,95	1,04	

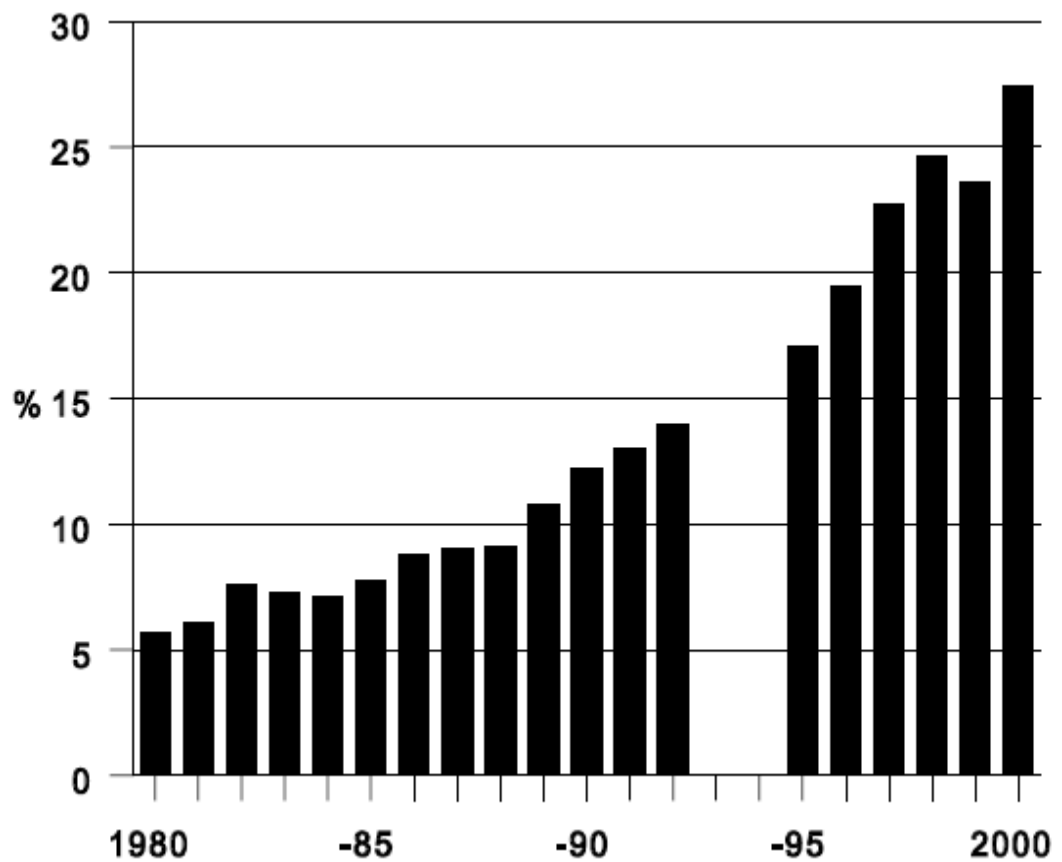
Suurimmassa osassa näitä onnettomuuksia ei puun palosuojauksella pystytä estämään tulipalojen syttymistä, koska muuta palavaa materiaalia ja helpommin syttyvää kuin puu on tarjolla ja menehtyminen johtuu yleensä näistä syntyneistä myrkyllisistä savukaasuista ennemmin kuin palon kuumuuteen ja liekkeihin. Joissain tapauksissa voidaan palon leviämistä ehkäistä tai aiheuttaa tulipalon sammuminen palavan materiaalin loputtua. Tässä tapauksessa tarkastellaan muutamaa mahdollista kohdetta jossa palosuojatusta puusta voisi olla apua tulipalotilanteessa. (Erehdykset ja unohdukset salliva asuin ympäristö 2007. Helsinki: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö.)

Paloturvallisuutta koskevissa selvityksissä on todettu vanhusten asumispalvelujen, kuten palvelutalojen, riittämätön paloturvallisuustaso asukkaiden toimintakykyyn nähden. Sama koskee muitakin erityisryhmiä joiden toimintakyky on huono tai rajoittunut esimerkiksi lääkityksen tai fyysisten sairauksien seurauksena. (Erehdykset ja unohdukset salliva asuin ympäristö 2007. Helsinki: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö.)

Vanhenevan väestön määrän kasvu vaatii uusien hoitolaitosten rakentamista ja vanhojen laajentamista. Tässä tilanteessa on mahdollista ottaa huomioon palosuojatun puun käyttö valittaessa sisäpintojen materiaaleja. Palosuojaamattoman puun, jonka käyttöluokka on D, käyttö on sallittu vain P3-luokan rakennuksissa, mutta suojakäsitellyn puun käyttöluokka B, mahdollistaa puun käytön myös P1- ja P2-luokan hoitolaitoksissa. Palosuojatun puun käyttö pintamateriaaleina P3-luokan hoitolaitoksissa olisi perusteltua sen antaman hitaamman palonkehityksen ja vähentyneen savunmuodostuksen vuoksi. Puun käyttö sisäpinnoissa antaisi enemmän kodinomaista tunnelmaa ja lisäisi hoidettavien viihtyisyyttä paloturvallisuuden vähentymättä.

Palosuojatun puun käyttö huonekaluissa voisi tuoda lisää aikaa evakuoinnille ja palokunnan saapumiselle. Hoitolaitoksissa huomattavia palokuormia ovat henkilökohtaisen tavarat, joiden säilyttäminen kaapeissa tai vastaavissa, jotka on rakennettu palosuojatusta puusta tai käsitelty palonsuoja-aineilla, todennäköisesti hidastaisi palon leviämistä.

Palosuojatun puun käyttöä muissa kohteissa tukevat tilastot, joiden mukaan tuhopolttojen määrä on kasvamassa. Tämä ongelma on lisääntymässä erityisesti kaupungeissa. Tuhopolttojen määrä on joissain kaupungeissa noussut jopa 40 %:iin paloista. (Tuhopolttojen ennaltaehkäisyohjelma 2003 – 2008. s 3)



Kuva 3. Tahalliseksi arvioitujen tuhopolttojen osuus kaikista tulipaloista vuosina 1980–2000 (%). (Tuhopolttojen ennaltaehkäisyohjelma 2003 – 2008. Tuhopolttojen torjunnan yhteistyöryhmä. Pelastusosaston julkaisu 1/2002, Helsinki: Sisäasiainministeriö. s 3)

Tuhopolttojen, jotka kohdistuvat roskakatoksiin ja muihin ulkorakennuksiin joissa paloja sytytetään, yleensä sytytettävän materiaalin määrä ei palokuormana ole suuri. Ulkorakennuksissa henkilövahinkojen mahdollisuus on hyvin pieni. Tilanne muuttuu tonteissa, joissa tilanpuutteen vuoksi ulkorakennuksia on jouduttu sijoittamaan lähelle tai kiinni asuinrakennusten seiniin. Näissä tapauksissa mahdollisuus palon leviämiseen asuinrakennuksiin on suuri. Palokuorman suhteellisen pienuuden ja yleensä sytytettävän aineen pienen määrän johdosta palonsuojattu puu voisi huomattavasti parantaa turvallisuutta, estämällä rakennuksen syttymisen sytytysaineen palettua loppuun tai pienentämällä palokuormaa ja ehkäisemään sekä hidastamaan palon leviämistä.

4.2 Palosuojatun puun kustannuslaskenta

Tässä tapauksessa tarkastellaan muutamien esimerkkien kautta palonsuojatun puun kustannuksia verrattuna tärkeimpiin kilpaileviin materiaaleihin. Kustannustiedot palonsuojatun puun osalta perustuvat yhden valmistajan arvioihin suoja-aineen menekistä ja käsittelyn kustannuksista. Kustannuksiin on myös huomioitu arvioitu kate, jonka käsittelyn tekevä yritys tarvitsee. Arvioinnin vertailulähtökohtana on käytetty kyllästetyn puun käsittely- ja katekuluja.

4.3 Julkisivumateriaalien kustannusvertailua julkisivujen kunnostuskohteissa

Kustannustiedot kerättiin kirjasta Rakennusosien kustannuksia ROK 2010, ja puun palosuojauksen kustannuksia lisäävä arvona 300 e/m^3 (28 mm * 120mm). Tuloksissa ja niiden arvioinneissa on huomioitava eri palosuoja-aineiden erilaiset kustannukset sekä aineiden hinnan että menekkien osalta. Kustannusarvio on realistinen aineiden osalta, mutta yleispätevä kustannusarvio ei ole. Kustannuksiin lisänä tulevat teline- ja nostokulut, suunnittelu ja työnjohto sekä työmaatekniset tarvikkeet.

- betoninen kuorielementti
 - kuorielementti asennettuna ja saumattuna
 - $100,17 \text{ e/m}^2$
 - $0,25 \text{ tth/m}^2$

- kolmikerrosrappaus
 - $54,24 \text{ e/m}^2$
 - $1,54 \text{ tth/m}^2$

- palosuojattu puu
 - $41,06$
 - $0,55 \text{ tth/m}^2$

4.4 Elinkaarilaskelma

Elinkaarilaskelmassa pyritään selvittämään odotettavissa olevaa kunnostus ja uusinta-aikataulua sekä arvioidaan uusinnan tarve.

aika	15	30	50
betonikuorielementti	huoltomaalaus ja elastisten saumojen uusinta $7,38 + 1,3 = 8,68$ e/m ²	huoltomaalaus ja elastisten saumojen uusinta $7,38 + 1,3 = 8,68$ e/m ²	Uusinta
Kolmikerrosrappaus	huoltomaalaus 7,38 e/m ²	huoltomaalaus 7,38 e/m ²	Uusinta
Palosuojattu puujulkisivu	huoltokäsittely 10,62 e/m ²	huoltokäsittely 10,62 e/m ²	uusinta

Kuva 4. Elinkaarilaskelman aikataulu

Kunnostus ja elinkaariaikataulut kh-kortistosta rasitusluokka 2 normaali, hintatiedot KOR 2010. Laskentakorko 6 %.

Betonielementti ***105,3 e/m²***

Kolmikerrosrappaus ***58,6 e/m²***

Palosuojattu puujulkisivu ***47,3 e/m²***

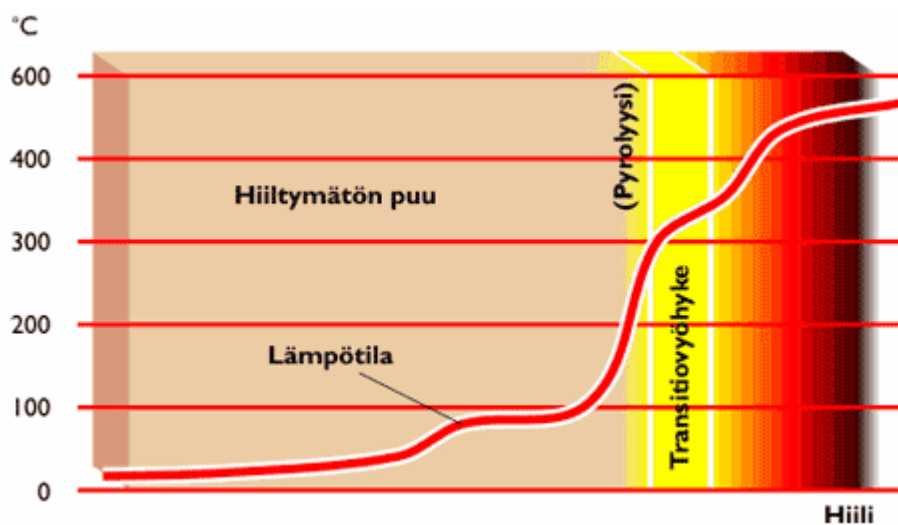
4.5 Sisäseinälaskelma

Tässä esimerkissä vertailtiin palosuojatun paneeliseinän kustannuksia kipsilevyseinään. Muita vertailukohtia on hankalampi määrittää, koska muut vastaavat tuotteet ovat lähinnä sisustuspaneeleita, niiden kustannukset sekä asennusajan arviointi vaihtelevat liikaa, jotta luotettavaa arviointia voisi tehdä.

- Kipsilevyseinä
 - Kipsilevy 13 mm 8,91 e/m²
 - Seinätasoite 1,5 kertaa, saumaus 2,98 e/m²
 - Maalaus, kaksi kertaa 4,62 e/m²
 - Yht. 16,52 e/m²
- Paneeliseinä
 - Koolaus ja paneeli 14X95 33,41 e/m²
 - Palonsuojakäsittely (300 e/m³) 5,19 e/m²
 - Maalaus, kaksi kertaa 4,62 e/m²
 - Yht. 43,22 e/m²

5 TAPAUS 3; KANTAVIEN RAKENTEIDEN PALOMITOITUS

Puun kantavien rakenteiden palomitoituksessa vaikuttavat tekijät ovat dimensioiden lisäksi aika ja puuaineen hiiltymisnopeus. Rakenne menettää kantavuuttaan hiiltyvän osan lisääntyessä. Hiiltymisnopeus oletetaan vakioksi, ja tähän perustuu laskennallinen puun kantavuuden mitoitus palotilanteessa.(kuva 3)



Kuva 5. Puun lämpötilakaavio (Kari, Olli-Pekka & Mehtälä, Tiina & Tölle, Juha.2005. Tekninen korkeakoulu. Puun palo-ominaisuudet s 4)

Tässä esimerkissä tarkistetaan liimapuisen harjapalkin kantavuus normaalirasituksille sekä 30 minuutin ja 60 minuutin palonkestolle:

kehäväli 17000

kehäväli k/k 6000

1-aukkoinen

harjapalkki jonka koko 165–945-1370-945 mm

palkin materiaali

liimapuu GL 32c

$$f_{m,k} = 32 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = 21,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 3,2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = 2,13 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 26,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 17,7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,k} = 3,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = 2,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,k} = 0,45 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 13700 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{mean} = 780 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_m = 1,2$$

$$k_{mod} = 0,8$$

$$X_d = k_{mod} * X_k / \gamma_M$$

kuormat

harjapalkin omapaino, $g_{k1} = 2,0 \text{ kN/m}$

vesikaton omapaino, $g_{k2} = 0,5 \text{ kN/m}^2$

ripustuskuorma, $g_{k3} = 0,1 \text{ kN/m}^2$

lumikuorma, $q_{k1} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

harjakaton muotokerroin, $\mu = 0,8$

$$P_{g,k} = 5,6 \text{ kN/m}$$

$$P_{q,k} = 12 \text{ kN/m}$$

$$P_d, 1,15 * P_{g,k} + 1,5 * P_{q,k} = 24,44 \text{ kN/m}$$

kuormitusyhdistelmä keskipitkälle
aikavälille

$$V_{pd}, \frac{P_d * L}{2} = 207,74 \text{ kN}$$

leikkausvoima

$$X_m = 5863 \text{ mm}$$

$$M_{d1}, \frac{P_d * L^2}{8} = 882,9 \text{ kNm} \quad \text{taivutusjännitys harjalla}$$

$$M_{d2}, \frac{P_d * L * X_m}{2} * \frac{(1-x)}{L} = 810,8 \text{ kNm} \quad \text{mitoitettava taivutusmomentti}$$

taivutusjännitys

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \frac{6 * M_{d2}}{b * h^2} = 19,23 \text{ N/mm}^2$$

$$h = 1238 \text{ mm}$$

$$b = 165 \text{ mm}$$

$$\alpha_{a,p} = 3,58^\circ$$

$$k_{m,a} = 0,92$$

ehto taivutusjännitykselle mitoitavassa poikkileikkauksessa,

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{m,a} * f_{md} = 19,23 \text{ N/mm}^2 \leq 0,92 * 21,3 \text{ N/mm}^2$$

käyttöaste 98 %

taivutuskestävyys harjalla

$$k_l, 1 + 1,4 * \tan \alpha_{ap} + 5,4 * \tan^2 \alpha_{ap} = 1,08$$

$$k_r = 1,0$$

ehto taivutusjännitykselle harjalla, $\sigma_{m,d} \leq$

$$k_r * f_{md} = 18,14 \text{ N/mm}^2 < 1,0 * 21,3 \text{ N/mm}^2$$

käyttöaste 85 %

poikittainen vetokestävyys harjalla

$$k_p, 0,2 * \tan \alpha_{ap} = 0,01$$

$$\sigma_{t,90d}, \frac{k_p * 6 * M_{ap,d}}{b * h_{ap}^2}$$

$$k_{dis} = 1,4$$

$$k_{vol} = 0,5$$

$$\sigma_{t,90d} \leq k_{dis} * k_{vol} * f_{t,90,d}$$

$$0,17 \leq 0,21$$

käyttöaste 81 %

Yhdistetty poikittainen vetokestävyys ja leikkauslujuus harjalla

tasainen lumikuorma eli leikkausjännitys

harjalla $\tau=0$

$$\tau_d + \sigma_{t,90d}$$

$$f_{v,d} \quad k_{dis} * k_{vol} * f_{t,90,d}$$

$$0.81 \leq 1$$

käyttöaste 81 %

mitoitettava leikkausvoima tuella

$$\tau_d, \frac{3 * V_{pd}}{2 * b * h_f} = 2,0$$

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

$$2 \leq 2,13$$

käyttöaste 94 %

tukipainekestävyys

$$N_d = 207,74 \text{ kN}$$

$$l_A = 650 \text{ mm}$$

$$k_{c,90} = 1,0$$

$$\sigma_{t,90d}, \frac{N_d}{b \cdot l_A} = 2,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,90d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c90,d}$$

käyttöaste 100 %

taipuma

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{2,1} = 0,2$$

$$\psi_{2,2} = 0,8$$

$$W_{fin,G}, (1+k_{def}) \cdot W_{instG} = 26,9 \text{ mm}$$

$$W_{fin,Q}, (1+\psi_{2,1} \cdot k) \cdot W_{inst,Q,1} = 40,2 \text{ mm}$$

$$W_{fin}, W_{finG} + W_{fin,Q} = 67,1 \text{ mm}$$

$$\text{taipumaraja}, L/200 = 85 \text{ mm}$$

käyttöaste 79 %

kiepahduskestävyys,

$$\sigma_{m,\alpha,d} = 19,23 \text{ N/mm}^2$$

$$c = 0,71$$

$$a = 2000 \text{ mm}$$

$$l_{ef}, a+2 \cdot h_m = 4476 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit}, \frac{c \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{h_m \cdot l_{ef}} = 38,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,91$$

$$k_{crit}, 1,56-0,75 \cdot \lambda_{rel,m} = 0,88$$

$$\text{ehto kiepahduskestävyydelle}, \sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{crit} \cdot f_{md} = 19,23 \leq 18,7 = 102 \%$$

kiepahdustukien väliä pienennettävä

PALOMITOITUS

$$k_{fi} \ 1,15$$

$$S_{05} = 11100 \text{ N/mm}$$

$$f_k, 32 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{d,fi}, k_{fi} * f_k = 36,8 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{d,fi}, k_{fi} * S_{05} = 12765 \text{ N/mm}^2$$

hiiltemissävyvyys

$$\beta_n = 0,7$$

$$t = 30 \text{ min}$$

$$k_0 = 1$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$d_{char,n,30}, \beta_n * t = 21 \text{ mm}$$

$$d_{ef,30}, d_{char,n} + k_0 * d_0 = 28 \text{ mm}$$

$$h_{30}, (h - d_{ef}) = 1210 \text{ mm}$$

$$b_{30}, (b - 2_{ef}) = 109 \text{ mm}$$

$$d_{char,n,60}, \beta_n * t = 42 \text{ mm}$$

$$k_{def,60}, d_{char,n} + k_0 * d_0 = 49 \text{ mm}$$

$$h_{60}, (h - d_{ef}) = 1189 \text{ mm}$$

$$b_{60}, (b - 2_{ef}) = 67 \text{ mm}$$

kerroin liimapuulle palotilanteessa
lujuuden ominaisarvo
normaalilämpötilassa
lujuuden mitoitussarvo palotilan-
teessa

kimmo- tai liukukertoimen arvo
palotilanteessa

nimellisen hiiltemisnopeuden
mitoitussarvo liimapuulle jonka
tiheys
yli 290 kg/m³

aika

kun rasitus aika on yli 20 min
kerros hiiltyneen ja hiiltemättömän
kerroksen välillä

hiiltemäsyvyys

tehollinen hiiltemäsyvyys

kimmo- tai liukukertoimen omi-
naisarvo

kuormat palotilanteessa

$$P_{\text{palo}}, P_{\text{g,k}} + 0,5P_{\text{q,k}} = 11,6 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{palo,d}}, 419 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{\text{palo,30}}, \frac{6 * M_{\text{palo30,d}}}{b * h^2} = 15,75 \text{ N/mm}$$

$$\sigma_{\text{palo,60}}, \frac{6 * M_{\text{palo60,d}}}{b * h^2} = 26,54 \text{ N/mm}$$

$$A_{\text{ef}}, (h - d_{\text{ef}})(b - 2d_{\text{ef}})$$

$$A_{\text{ef30}} = 131890 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{ef60}} = 79663 \text{ mm}^2$$

$$W_{30}, \frac{b_{30} * h_{30}^2}{6} = 26,6 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{60} = \frac{b_{60} * h_{60}^2 b_{60} * h_{60}^2}{6} = 15,8 * 10^6 \text{ mm}^3$$

$$M_{30}, W_{30} * F_{\text{d,fi}} = 979 \text{ kNm}$$

$$M_{60}, W_{60} * F_{\text{d,fi}} = 581 \text{ kNm}$$

$$\text{ehto}, E_{\text{d,fi}} \leq R_{\text{d,t,fi}}$$

$$419 \leq 979 \text{ 43 \%}$$

$$419 \leq 581 \text{ 72 \%}$$

Tuloksista käy ilmi, että palokuormat eivät nykyisillä laskentakaavoilla ole määräävä tekijä dimensioita mitoitettaessa. Tämä johtuu laskentakuormien pienentämisestä ja puun lujuuden mitoitusarvojen noususta. Puun palosuojauksella ei siis ole nykyisillä laskentaohjeilla ole mitään merkitystä mitoitettaessa kantavia rakenteita, ja vaikka puun hiiltymisnopeus voitaisiin todeta hidastuvan palosuojauksen ansiosta sillä, ei voida saada taloudellista hyötyä nykyisillä laskentakaavoilla.

6 KYSELY EUROOPPALAISILLE PALOASIAANTUNTIJAVERKOSTOLLE

Osana selvitystä oli tehdä kysely eurooppalaisille paloasiantuntijoille palosuojatusta puusta ja saada laajempi näkemys palosuojatun puun käytön potentiaalista. Kysymyksiä oli kaksi. Ensimmäisessä kysyttiin B-luokan täyttävän puun uusia potentiaalisia käyttökohteita verrattuna käsittelyttömään D-luokan puuhun. Lisäksi pyydettiin perustelemaan vastausta. Toiseksi kysyttiin mielipiteitä tärkeimmistä avoimista kysymyksistä palosuojatun puun käytössä rakentamisessa.

Ensimmäiseen kysymykseen jokaisessa vastauksessa mainitaan hätäpoistumisteiden sisäpintojen verhoukset sekä korkeiden kerrostalojen ulkoverhoukset varauksin. Toiseen kysymykseen vastaajilla yleisimpänä huolenaiheena oli palonsuojauksen kestäminen ulkopinnoilla, mikä aiheutti varauksia edelliseenkin vastaukseen. Myös ympäristövaikutukset tuotteen elinkaaren aikana olivat mielenkiinnon kohteena.

Kokonaisuudessaan vastuksia tutkiessa huomataan, ettei mitään yleiseurooppalaista palosuojatun puun käyttöä ole ainakaan vielä. Vaikka käyttökohteita ehdotettiin lähes

yksimielisesti, niin eri maittain on selvästi rakennusmääräyksistä johtuvat painotuserot siinä missä palosuojatun puun käyttö on kannattavaa tai mahdollista.

7 MUUTTUNEIDEN PALOTURVAMÄÄRÄYSTEN VAIKUTUS

Rakennusmääräyskokoelman osaa E1 uusittiin tietyiltä osin ja uudet määräykset astuivat voimaan 15.4.2011. Uusien määräysten keskeisin muutos oli puurunkoisten kerrostalojen rakennusmääräysten ja ohjeiden tarkentaminen. Tavoitteena oli sallia puurunkoisten asuin- ja kerrostalojen kerroksien lukumäärän nousun 5-8-kerroksisiin ja korkeudeltaan enintään 26-metrisiin. Toinen painopiste oli puujulkisivujen laajemmat käyttömahdollisuudet asuin- ja työpaikkarakennuksissa. Lisäksi muutoksia ja tarkennuksia tuli moneen eri määräykseen ja ohjeeseen.

7.1 Muuttuneet ohjeet ja määräykset

Koska uudistuneita ohjeita oli paljon ja osalla niistä ei tule merkityksellistä tai mitään vaikutusta palosuojatun puun käyttöön niin ne jätetään käsittelemättä tässä opinnäytetyössä. Seuraavassa on tiivistelmä muuttuneista määräyksistä, jotka voivat joissain määrin vaikuttaa palosuojatun puun käyttöön.

Rakennuksissa joissa paloluokka on P2, otettiin käyttöön uudet suojaverhousten luokat K₂10 ja K₂30, joita ei ole aiemmin ollut. Näitä suojausluokkia käytetään yksi- ja kaksikerroksisen rakennuksen suojapintoina, kun rakenne ei ole tehty B.s1,d0- luokan tarvikkeista ja 3-8-kerroksisten rakennusten suojapintana, kun rakenne on tehty tarvikkeista, jotka eivät vähintään ole A1-s1,d0- luokkaa.

Pintojen palonsuojavaatimuksiin tuli muutoksia sekä sisä- että ulkopintoihin. Sisäpintoihin P2-luokan rakennusten kokoontumis- ja liiketiloihin, jossa palokuorma on alle

600 MJ/m² ja pinta-ala on 300 m² tai vähemmän luokkavaatimukset laskivat B-s1,d0-tasosta D-s2,d2-tasolle. Tiloissa, joissa pinta-alaa on yli 300 m², vaatimustaso täyttyy luokalla C-s2,d1. Tuotanto- ja varastotiloissa jossa palovaarallisuusluokka on 1 ja paloluokka P2, seiniin voidaan käyttää luokan D-s2,d2 materiaalia entisen B-s1,d0 luokan sijasta. Ulkopinnoissa muutos koskee sekä P1- ja P2-luokan rakennuksia, joiden kerrosmäärä on korkeintaan kahdeksan. Näiden rakennusten ulkoseinän luokkavaatimus vaihtuu luokasta B-s1,d0 luokkaan B-s2,d0. Poikkeus tästä on P2-luokan 3-8-kerroksinen rakennus, jossa tuuletusraon sisäpinnan on oltava nykyisissä määräyksissä A2-s1,d0.

Huomattava muutos entiseen on sallia P2-luokan rakennus puurunkoisena kahdeksan-kerroksisena. Tämänlainen rakennus on varustettava automaattisella sammutinlaitteistolla sekä savunpoistolla että palovaroittimilla. Uusissa määräyksissä sallitaan myös enintään seitsemänkerroksisen rakennuksen päälle rakennettava lisäkerros, jonka palokuorma ei saa ylittää 600 MJ/m² sekä runko voidaan tehdä D-luokan rakennustarvikkeista.

7.2 Muutosten vaikutus palosuojatun puun käyttöön

Muuttuneiden määräysten tavoitteena oli lisätä puun käyttöä ja mahdollistaa aikaisempaa korkeampien puurunkoisten rakennusten rakentaminen. Osa uusista määräyksistä vähentää palonsuojatun puun käytön tarvetta sisätiloissa, mutta potentiaalin osalta kyse on hyvin marginaalisista määristä. Huomattava muutos on paloluokan muutos ulkoseinässä, jossa pudotetaan vaatimustasoa savunmuodostusluokassa luokkaa alaspäin. Sillä on kahdenlaisia vaikutuksia joista toinen lisää mahdollisuuksia palosuoja-aineissa, koska tämä tason saavuttaminen on mahdollista lähes kaikilla palosuoja-aineilla. Entisen savunmuodostusluokan vaatimukset täyttäviä aineita on ollut, mutta todennäköisesti runsaampi tarjonta ja erilaiset vaihtoehtoiset käsittelyt antavat kustannustehokkaampia vaihtoehtoja.

Merkittävämpi muutos on kuitenkin potentiaalin kannalta sallia kaikkiin kahdeksan-kerroksisiin ja sitä matalampiin taloihin palosuoja-aineella käsitelty puujulkisivu. Tä-

mä antaa suuria mahdollisuuksia erityisesti vanhojen kerrostalojen julkisivukorjauksissa, joissa voidaan tarjota valmiita puuelementtejä korvaamaan betoniset pintaelementit. Tämä perustuu siihen, että 60- ja 70-luvulla rakennetut talot muodostavat suuren osan maamme rakennuskannasta ja juuri tämän ajan rakennuksissa julkisivuremontointi on ajankohtaista tai lähivuosina edessä.

Suuri uhka palosuojatun puun käytön kannalta saattaa olla itse asiassa puu, jota ei ole käsitelty. Kun palosuojausmääräyksiä helpotetaan, ollaan tilanteessa, jossa suhteellisen helposti rakennusteknisillä toimenpiteillä voidaan suojaamatonta puuta käyttää verhouksmateriaalina. Määräysten helpottaminen on uhka palosuojatun puun käytölle, ja pahimmassa tapauksessa se voi lopettaa palosuojatun puun käytön tai pitää käytön marginaalisena.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa palosuojatun puun käyttö ja sen markkinointipotentiaali vaihtelee hyvin paljon käyttökohteen mukaan. Merkittävin käyttökohde, jossa on suurin potentiaali, on kahdeksankerroksisten ja sitä matalampien rakennusten ulkoverhous. Uudisrakentamisessa puu ulkoverhouksmateriaalina on nykyään lähes jokaisen arkkitehdin vaihtoehtona, ja kohteita on jo toteutettukin. Suurempi kynnys on saada julkisivuremonteissa yleiseen tietoon palosuojattu puu vaihtoehtona entisen betoni- tai rappauspinnan tilalle. Julkisuudessa hyvin usein etsitään tapoja parantaa harmaiden betonilähiöiden viihtyvyyttä ja ulkonäköä. Puu ekologisena materiaalina olisi hyvä vaihtoehto. Palosuojattu puu on myös hyvin kustannustehokas materiaali ulkopintojen uusinnassa, mikä tietenkin on tärkeä tai tärkein peruste valittaessa talon julkisivu materiaalia. Jos uusinnassa käytetään valmiita puuelementtejä, julkisivuremontin pituus puoltaa puun.

Palosuojatun puun käyttö sisätiloissa korkeampien kustannusten sekä uusien määräysten myötä vähentynyt vaatimustaso pinnoille jättää palosuojatun puun käytön sisäti-

loissa varsin vähäiseksi. Lähinnä käyttö jää siihen, kun halutaan puuta ulkonäkösyistä ja halutaan siitä normaalia puuta paloturvallisempaa. Käsitellyn puun käyttö muualla kuin kerrostalojen ulkovuorauksissa on määräysten ja ohjeiden kannalta turhaa, koska vaatimukset täyttyvät normaalilla puulla. Käyttökohteita kuitenkin suojatulle puulle olisi, ja paloturvallisuuden lisääntyminen normaaliin puuhun verrattuna säästäisi omaisuusvahinkoja sekä lisäisi ihmisten turvallisuutta. Tämän suojatun puun käytön lisääminen edellyttäisi julkisuutta ja markkinointia, jotta saataisiin ihmiset haluamaan paloturvallisempia rakenteita ja rakennuksia.

Palosuojatun puun käyttö kantavissa rakenteissa on nykyisillä säännöillä turhaa. Tämä johtuu nykyisistä laskentaohjeista, joissa ei huomioida palosuojauskäsittelyä. Vaikka palosuojaus huomioitaisiin, harvoin palokantavuus muodostuu määrääväksi tekijäksi kantavia rakenteita mitoitettaessa voimassa olevilla palokuormien ja kestävyysien laskentaohjeilla.

Palosuojatun puun käytössä on vielä avoimia kysymyksiä, jotka tulevat uusien tutkimusten ja ajan myötä selviämään. Tärkeimmät tutkimuskohteista koskevat palosuoja-aineiden pitkäaikaiskestävyyttä, huoltotoimenpiteiden kustannuksia ja aikatauluja sekä käsitellyn puun ympäristövaikutuksia. Suomi ei ole myöskään yksin päättämässä palosuojatun puun käytöstä, eli kyseessä on koko Eurooppaa koskeva kehitys. Suhteellisen uuden rakennusmateriaalin käyttö ei ole sidottu perinteisiin ja ihmisten mielikuviiin. Ajan myötä selviää, mihin oikeasti palosuojattua puuta ruvetaan käyttämään ja minkälaisen suosion se oikeasti saa. Näihin asioihin vaikuttavat enemmän trendit ja ihmisten mielikuvat kuin ohjeet ja tutkimustulokset.

LÄHTEET

Erehdykset ja unohdukset salliva asuinympäristö 2007. Helsinki: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö.

Hakkarainen, Tuula & Mikkola, Esko 2005. palosuojattujen puutuotteiden palokäyt-täytymisen arviointi. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. s.a

KOR. Korjausrakentamisen kustannuksia. 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kari, Olli-Pekka & Mehtälä, Tiina & Tölli, Juha.2005. Tekninen korkeakoulu. Puun palo-ominaisuudet

Puurakenteiden suunnittelu. Lyhennetty suunnitteluohje. 2008. Puuinfo Oy

Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. E1 Suomen rakentamismää-räyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö

Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2002. E1 Suomen rakentamismää-räyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö

Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa.2003. Ympä-ristöopas 39. Helsinki: Ympäristöministeriö

ROK. Rakennusosien kustannuksia. 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SFS-EN 1995-1-1. 2004. Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.

Sisusteiden paloturvallisuus. Rämö, Johanna, Ylä-Sulkava, Tuula. VTT Rakennus-tekniikka. 1999.

Tuhopolttojen ennaltaehkäisyohjelma 2003 – 2008. Tuhopolttojen torjunnan yhteistyöryhmä. Pelastusosaston julkaisu 1/2002, Helsinki: Sisäasiainministeriö.

Test and modelling results of VTT. Internal report of the InnoFireWood project. 2006. Helsinki. VTT